

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИКЛОННЫХ ГАЗИФИКАЦИОННЫХ УСТАНОВОК

Абаимов Н.А., Рыжков А.Ф.
УрФУ, tes.urfu@mail.ru

В процессе развития энергетических технологий появилось несколько принципиально разных способов сжигания топлива, основанных на организации горения топлива в слое, в факеле и в циклонной камере. Циклонные топки, благодаря особенностям вихревой аэродинамики, позволяют достигать наибольших теплонапряжений, в факельных топках вихревой эффект носит лишь вспомогательный характер. Данное достоинство циклонных установок позволяет создавать агрегаты небольших размеров необходимой мощности, что делает их весьма перспективными для малой и средней энергетики.

В качестве исходной установки использовалась конструкция, разработанная в УрФУ (рис. 1, а) для термоподготовки топлива [1]. Для исследования работы установки была создана трёхмерная модель рассчитываемого реактора в CFD-пакете ANSYS CFX (рис. 1, б). На основании данных, полученных в результате моделирования и учитывая конструктивные особенности исходной установки, была разработана и также смоделирована изменённая конструкция реактора для частичной газификации топлива (рис. 1, в). Верификация аэродинамической модели проводилась по данным [2].

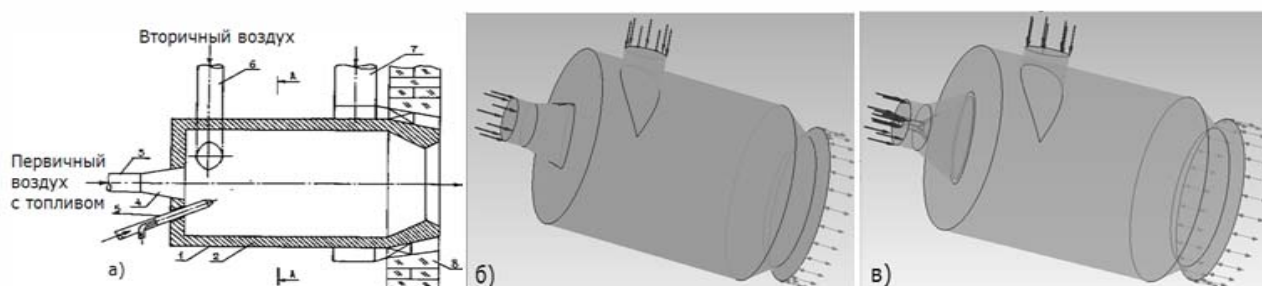


Рис. 1. Циклонный реактор:

- а) конструкция реактора по патенту [1]; б) трёхмерная модель исходной конструкции;
в) трёхмерная модель модернизированной конструкции

В исходной установке поток первичного воздуха не имеет на своём пути никаких конструктивных элементов, препятствующих его прямолинейному движению на выход из камеры. Вследствие этого большая часть частиц твёрдого топлива так и не уносится вторичным воздухом к периферии реактора, существенно сокращая общее время пребывания топлива в установке (рис. 2, а). Включение в исходную конструкцию реактора грибка-рассекателя имела целью изменение траектории движения первичного потока воздуха и аэродинамики циклонной камеры в целом. В частности, рассекатель разрушает аксиальный поток первичного воздуха и перенаправляет его к периферии камеры, тем самым удлиняет траекторию движения частиц твёрдого топлива и увеличивает их время пребывания в активной зоне реактора (рис. 2, б).

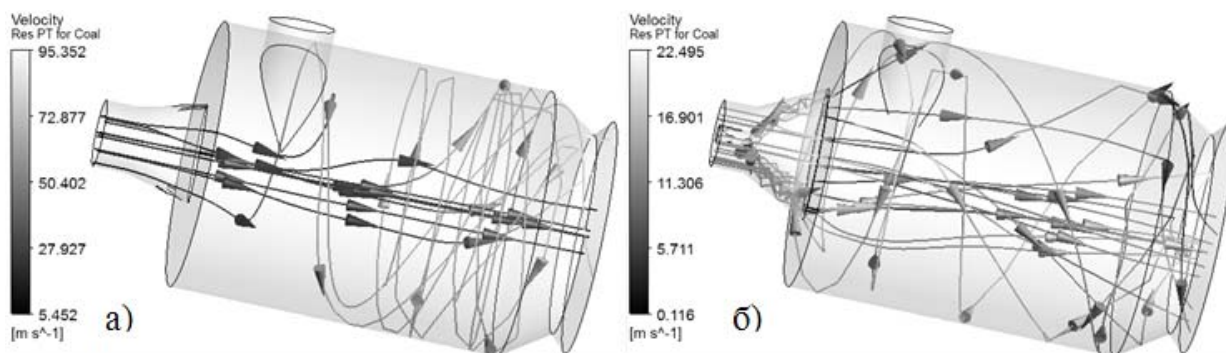


Рис. 2. Траектория и скорости движения частиц твёрдого топлива:
а) исходная конструкция реактора; б) модернизированная конструкция

Температура является одной из важнейших характеристик теплоэнергетических установок, определяя режим их работы (рис. 3). Распределение средних температур по длине реактора исходной конструкции демонстрирует умеренный рост температур от начала камеры (безразмерная координата $x=0,2$) до начала сужения ($x=0,8$). В области пережима ($x=0,8-1$) наблюдается резкий скачок температур, обусловленный скоплением частиц топлива около сужения, где они интенсивно горят. Средние температуры газов модернизированной конструкции лежат в низкотемпературном диапазоне (от 900°C до 1300°C), что удовлетворяет условиям твёрдого шлакоудаления. Область подвода вторичного воздуха ($x=0,3-0,4$) имеет характерное снижение температур. Частицы топлива, попадающие в периферийную область камеры до этого падения температур ($x = 0,2-0,3$), образуют зажигательный пояс со средними температурами от 1000°C до 1100°C .

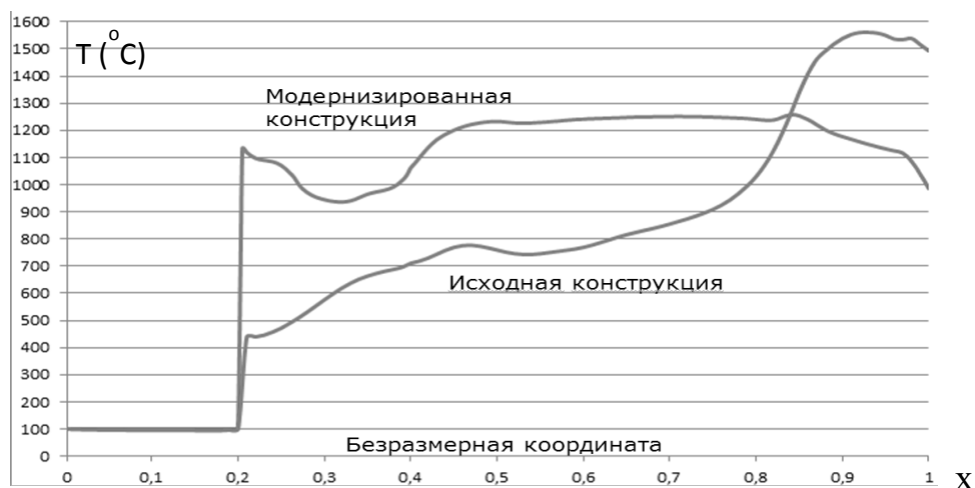


Рис. 3. Средняя температура по длине реактора

Графики распределения средних концентраций компонентов по длине реактора и состав получаемого газа изображены на рис. 4. В исходной конструкции кислородная зона распространяется на всю длину установки. В модернизированной конструкции она заканчивается на $0,7-0,8$ длины реактора, благодаря чему на последней четверти камеры протекают восстановительные процессы.

Газ, генерируемый в изменённой конструкции, содержит в два раза больше водорода, в два с половиной раза CO и на две трети больше метана, чем газ исходной конструкции. Это повышает теплоту сгорания газа более чем в 2,5 раза: с 2 МДж/кг до 5,1 МДж/кг. Соотношение тепла в газе к теплу в коксе меняется с 1:4 до 1:2 соответственно. Данный параметр особенно важен при использовании реактора в схемах двутопливных (генераторный газ и кокс) парогазовых установок.

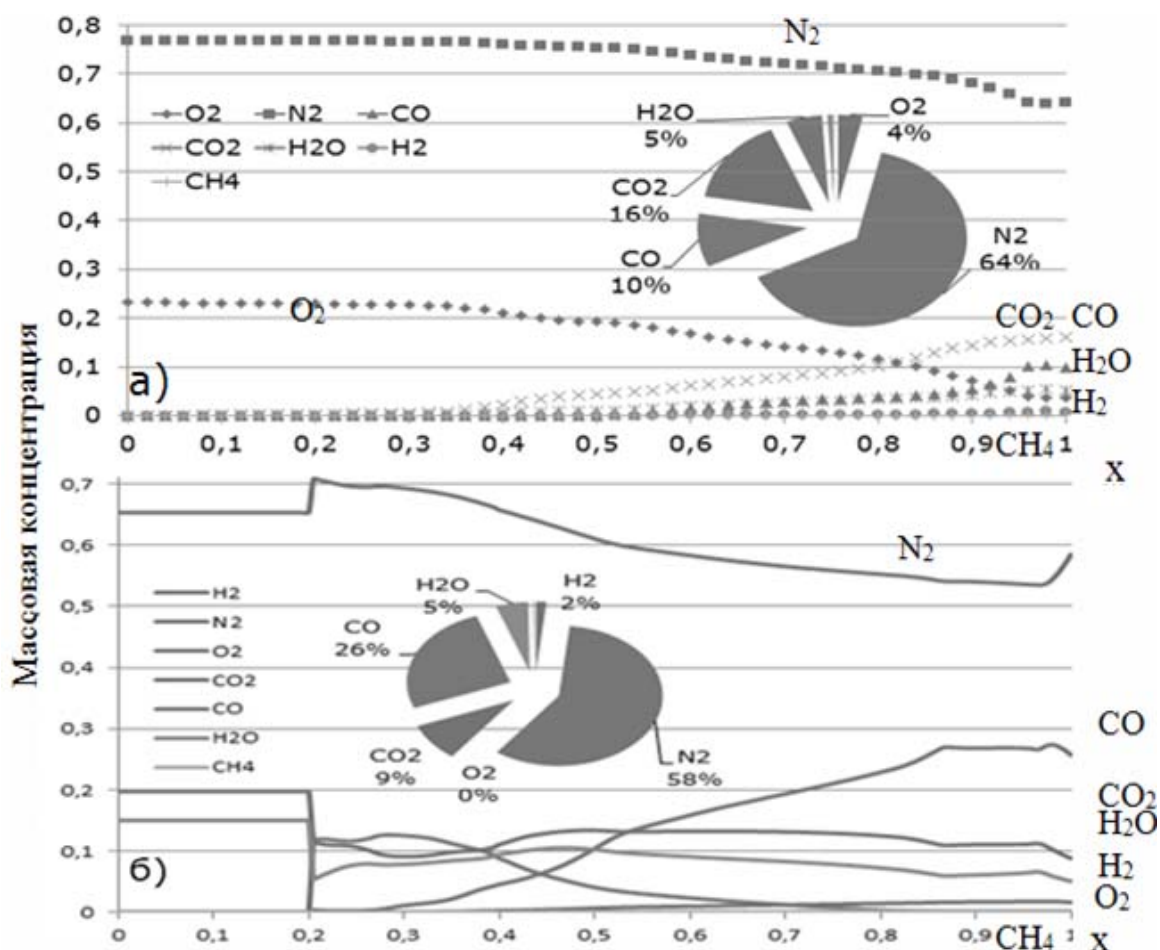


Рис. 4. Концентрации (масс.) газов по длине реактора и на выходе из него:
а) исходная конструкция; б) модернизированная конструкция

Направления дальнейших исследований: поиск оптимального количества моделируемых частиц топлива; рассмотрение реакций, наиболее полно описывающих газификацию; оптимизация конструкции реактора.

Библиографический список

1. Берг Б.В. Разработка растопочной пылеугольной горелки / Б.В. Берг, А. Батхишиг, Н.В. Вальцев и др. // Электрические станции. 2012. № 10. С. 22-27.
2. Пицуха Е.А. Исследование структуры закрученных течений в циклонной камере при различных условиях ввода и вывода газа / Е.А. Пицуха, Ю.С. Теплицкий, В.А. Бородуля [и др.] // ИФЖ. 2012. Т. 85. № 2. С. 305–317.